

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-029012

(43)Date of publication of application : 31.01.1992

(51)Int.Cl.

G01C 19/56

(21)Application number : 02-134212

(71)Applicant : AKAI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 25.05.1990

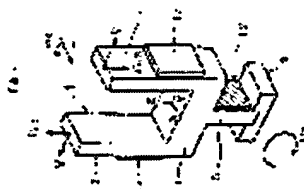
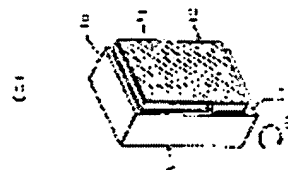
(72)Inventor : TERAJIMA KOKICHI

(54) VIBRATION GYRO

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the sensitivity of a device by finding one electrode of a detecting means, which has electrodes provided on the Y-axially orthogonal opposite surfaces of the Y-axially orthogonal opposite surface of the Y-axially polarized piezoelectric material of a support member projecting in a Z-axis direction, in contact with the support member.

CONSTITUTION: The driving vibrator 4 consisting of arm members 1 and 2 and a base part 3 is fixed to a base 6 with the support member 5 which is projected from the base part 3 in the Z-axis direction. Further, a detecting means 12 is joined with one of the flanks of the member 5 which crosses the Y axis at an attitude where one electrode 10 is brought into contact to constitute the vibration gyro. The means 12 of the vibrations gyro is made of the piezoelectric material 15 which is polarized in the Y-axial direction and the electrodes 10 and 11 are fitted on the opposite surfaces which cross the Y axis at right angles; when the member 5 is strained, a voltage accompanying a Coriolis force FCZ is developed between the electrodes 10 and 11. Namely, the members 1 and 2 are vibrated in the Y-axial direction by applying AC voltages to driving means 13 and 14 and when the vibration gyro is rotated around the X axis at an angular speed ω , the means 12 can detect torsional moment Mt operating on the member 5 on the basis of the force FCZ.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報(A) 平4-29012

⑤ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 平成4年(1992)1月31日

G 01 C 19/56

6964-2F

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全8頁)

⑭ 発明の名称 振動ジャイロ

⑯ 特 願 平2-134212

⑰ 出 願 平2(1990)5月25日

⑱ 発 明 者 寺 嶋 厚 吉 東京都大田区東糀谷2丁目12番14号 赤井電機株式会社内

⑲ 出 願 人 赤井電機株式会社 東京都大田区東糀谷2丁目12番14号

⑳ 代 理 人 弁理士 小川 順三 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

振動ジャイロ

2. 特許請求の範囲

1. 三次元座標系のZ軸方向へ相互に平行に延在してY軸方向に所定の間隔をおいて位置する二本の腕部材と、これらの腕部材の各一端部を一体的に連結するベース部とで駆動振動子を構成し、

この駆動振動子のベース部に、Z軸方向へ突出する支持部材を設け、この支持部材のY軸と直交する少なくとも一側面に、

Y軸方向へ分極された圧電材料の、Y軸と直交する対抗面にそれぞれ電極を設けて構成された検知手段を、一方の電極を支持部材に接触させて固定してなる振動ジャイロ。

2. 三次元座標系のZ軸方向へ相互に平行に延在してY軸方向に所定の間隔をおいて位置する二本の腕部材と、これらの腕部材の各一端部を一体的に連結するベース部とで駆動振動子を構成

し、

この駆動振動子の前記ベース部におけるZ軸と直交する少なくとも一側面に、Z軸方向へ分極された圧電材料の、Z軸と直交する対抗面にそれぞれ電極を設けて構成された検知手段を、その一方の電極をベース部に接触させて固定してなる振動ジャイロ。

3. 三次元座標系のZ軸方向へ相互に平行に延在してY軸方向に所定の間隔をおいて位置する二本の腕部材と、これらの腕部材の各一端部を一体的に連結するベース部とで駆動振動子を構成し、

この駆動振動子の前記ベース部に、X軸方向へ突出する支持部材を設け、この支持部材の少なくとも一側面に、

それに沿って延在させるX軸方向へ分極された圧電材料の、X軸と平行をなすいずれかの対抗面にそれぞれ電極を設けて構成された検知手段を、支持部材におけるX軸と直交する2方向のうちのいずれか一方の方向へ偏らせて配設す

ると共に、一方の電極を支持部材に接触させて固定してなる振動ジャイロ。

4. 三次元座標系のZ軸方向へ相互に平行に延在してY軸方向に所定の間隔をおいて位置する二本の腕部材と、これらの腕部材の各一端部を一体的に連結するベース部とで駆動振動子を構成し、

この駆動振動子の前記ベース部に、X軸方向へ突出する支持部材を設け、この支持部材の少なくとも一側面に、

それに沿って延在してX軸方向へ分極された、前記一側面とはほぼ同幅の圧電材料の、X軸と平行をなすいずれかの対向面にそれぞれ電極を設け、かつこれらの電極の少なくとも一方をX軸と直交する方向に二分割して構成された検知手段を配設すると共に、その一方の電極を支持部材に接触させて固定してなる振動ジャイロ。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

この発明は、角速度を検出する目的の下で、コ

リオリの力を検知する振動ジャイロに関するものである。

〔従来の技術〕

従来既知の振動ジャイロとしては、例えば、第13図に示すものがある。

これは、三次元座標系のZ軸方向へ相互に平行に延在してY軸方向に所定の間隔をおいて位置する二本の腕部材101、102の下端部を、Y軸方向へ延びるベース部103にて一体的に連結してなる駆動振動子104を、支持部材105を介して基台106に固定するとともに、その駆動振動子104のベース部103に、X軸方向へ突出する検知手段107を設けることによって構成されている。

かかる振動ジャイロでは、例えば、それぞれの腕部材101、102に設けた駆動手段108、109に交流電圧を印加して、それらの腕部材101、102を、圧電的方法、電磁的方法などによってY軸方向へ対称振動させつつ、駆動振動子104をZ軸の周りに角速度 ω_z で回動させると、ある瞬間に速度Vで運動しているそれぞれの腕部材101、102に、X軸

方向の、相互に逆向きのコリオリの力 F_{cx} が発生する。

ここで、腕部材101、102の速度Vは、交替的に変化するので、コリオリの力 F_{cx} は両腕部材101、102の振動数で変調された形で生じ、駆動振動子104は基台106に対してZ軸の周りにねじれ振動することになり、そのねじれ角は、コリオリの力 F_{cx} 、ひいては角速度 ω_z に比例する。

そこでこの従来装置では、そのねじれ振動の大きさを、X軸方向へ突出する検知手段107により、圧電的方法、電磁的方法などをもって検知することとしており、例えば、バイモルフ素子その他を用いた圧電的方法では、ねじれ振動を検知手段107の撓み振動に変換し、撓み量に応じてバイモルフ素子が発生する電荷を電圧として抽出して検知することとしている。

ところが、かかる従来技術にあつては、それぞれの腕部材101、102の質量のアンバランス、長さのアンバランスなどにより、腕部材101、102の振動が、ベース部103の、Y軸方向への不要な振動

を引き起こすことに起因して、検知手段107が、その不要な振動によって発生される信号をも出力することになるため、角速度 ω_z が零であるにもかかわらず、コリオリの力を検知しているかの如き状態、すなわち、オフセットを発生し、S/N比、ひいては検出感度の低下をもたらすという問題があった。

そこで、従来技術のかかる問題を解決すべく、出願人は先に、S/N比のすぐれた高感度の振動ジャイロとして、第9図に示すような、駆動振動子4のベース部3からZ軸方向へ突出させて設けた支持部材5の一側面に、Z軸方向へ分極処理した圧電材料のY軸と直交する対向面のそれぞれに電極を設けてなる検知手段9を、一方の電極を支持部材5に接触させた状態で、X軸方向へ偏らせて固定してなる振動ジャイロを提案した(特願平1-270366号)。

この出願に先立って出願人が提案したこの振動ジャイロは、従来技術で述べたように、検知手段9を、ベース部3からX軸方向へ突出させて設け

ることなく、支持部材5の側面に対し、直接に接合することによって製造することができ、それ故に、装置の構造が簡単になり、装置それ自体を小型かつ低廉なものとするができることともに、装置の組立てを極めて容易ならしめることができる。

しかも、本願に先行するかかる振動ジャイロでは、検知手段9が、コリオリの力 F_{cx} の発生に起因して支持部材5に作用するねじりモーメント M_t を検知すべく機能することから、たとえ腕部材1、2が、その質量、長さなどのアンバランスによって、ベース部3にY軸方向への不要な振動を生じることがあっても、その影響が検知信号に漏れ込むのを、特別の手段を用いることなく有効に防止して、検知感度を大きく向上させることができるという効果がある。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上掲の、出願人が先に提案した前記振動ジャイロでは、Z軸の周りの角速度 ω_z だけが検出可能であり、他の軸の周りの角速度、

すなわち腕部材1、2の振動方向と直交するもう1つの軸：X軸の周りの角速度 ω_x については、Z軸方向の、相互に逆向きのコリオリの力 F_{cz} が発生するにもかかわらず、検出が不能であった。

そこでこの発明は、従来技術および先行提案技術が抱える上述した課題を同時に解決することができる振動ジャイロの提供を目的とするものである。とくにX軸の周りの角速度 ω_x の有利な検出を可能とする一方で、既に提案されているZ軸の周りの角速度 ω_z の検知手段と併用することにより、いわゆる単一の駆動振動子に発生する二軸方向の角速度を検出可能とする振動ジャイロの提供を目指すものである。

(課題を解決するための手段)

上記目的を実現するのに好適な振動ジャイロの構成として、本発明は、

三次元座標系のZ軸方向へ相互に平行に延在する二本の腕部材と、これらの腕部材の各一端部を一体的に連結するベース部とで駆動振動子を構成したものにおいて；

① 前記駆動振動子のベース部、好ましくはその中央部分に、Z軸方向へ突出する支持部材を設け、この支持部材のY軸と直交する少なくとも一側面に、Y軸方向へ分極された圧電材料の、Y軸と直交する対抗面にそれぞれ電極を設けることによって構成される検知手段を、一方の電極を支持部材に接触させて固定してなる振動ジャイロ、

② 上述の検知手段の配置について、駆動振動子のベース部に、Z軸と直交する少なくとも一側面に、Z軸方向へ分極された圧電材料の、Z軸と直交する対抗面にそれぞれ電極を設けて構成された検知手段を、その一方の電極をベース部に接触させて固定してなる振動ジャイロ、

を提案すると共に、さらに、

③ 前記駆動振動子の前記ベース部、好ましくはその中央部分に、X軸方向へ突出する支持部材を設け、この支持部材の少なくとも一側面に、それに沿って延在させるX軸方向へ分極された圧電材料の、X軸と平行をなすいずれかの対抗

面にそれぞれ電極を設けて構成された検知手段を、支持部材におけるX軸と直交する2方向のうちのいずれか一方の方向へ偏らせて配設すると共に、一方の電極を支持部材に接触させて固定してなる振動ジャイロ、および、

④ X軸方向へ突出する支持部材の少なくとも一側面に、それに沿って延在してX軸方向へ分極された、前記一側面とほぼ同幅の圧電材料の、X軸と平行をなすいずれかの対抗面にそれぞれ電極を設け、かつこれらの電極の少なくとも一方をX軸と直交する方向に二分割して構成された検知手段を配設すると共に、その一方の電極を支持部材に接触させて固定してなる振動ジャイロ、

を提案する。

(作用)

さて、第10図に示すような音叉構造；すなわち、三次元座標系のZ軸方向へ相互に平行に延在して、Y軸方向に所定の間隔をおいて位置する二本の腕部材1、2と、これらの腕部材1、2の各一端部

を一体的に連結するベース部3とで駆動振動子4を構成し、この駆動振動子4のベース部3に、Z軸方向へ突出する支持部材5を設けて基台6に固定した音叉構造において、この構造のX軸の周りの角速度 ω_x を、以下に検討する。

前記腕部材1、2をY軸方向へ対称振動させつつ、駆動振動子4をX軸の周りに角速度 ω_x で回転させる場合を考えると、ある瞬間に速度Vで運動している各腕部材1、2には、Z軸方向の、相互に逆向きのコリオリの力 F_{cz} がそれぞれ発生する。その結果、この駆動振動子4は、第11図に示すように、コリオリの力 F_{cz} に基づいて、腕部材1については基台6側に向かって押し下げられ、一方、腕部材2については、基台6から離隔する逆向きのモーメントが作用して押し上げられる。従って、このときベース部3は、支持部材5との接続部を境にして、腕部材1側と腕部材2側とがZ軸向きの逆方向にたわみ変形し、そしてまた支持部材5もY軸方向にたわみ変形する。

次に、第12図に示すようなコ字形構造；すなわ

ち、三次元座標系のZ軸方向へ相互に平行に延在して、Y軸方向に所定の間隔をおいて位置する二本の腕部材1'、2'と、これらの腕部材1'、2'の各端部を一体的に連結するベース部3'とで駆動振動子4'を構成し、この駆動振動子4'のベース部3'に、X軸方向へ突出する支持部材5'を設けて図示しない基台に固定したコ字形構造において、この構造のX軸の周りの角速度 ω_x について、以下に検討する。

前記腕部材1'、2'をY軸方向へ対称振動させつつ、駆動振動子4'をX軸の周りに角速度 ω_x で回転させる場合を考えると、ある瞬間に速度Vで運動している各腕部材1'、2'には、Z軸方向の、相互に逆向きのコリオリの力 F_{cz} が発生する。その結果、この駆動振動子4'は、X軸方向に突設した前記支持部材5'は、上述したと同様に、各腕部材1'、2'に発生するそれぞれ逆向きのコリオリの力 F_{cz} に起因するねじりモーメント M_t を受けてねじれ変形する。

以上説明したところから判るように、本発明振

動ジャイロによれば、上述した駆動振動子4、4'の構成において、ベース部3のZ軸方向へ突出させた支持部材5に作用するX軸周りのモーメントに起因するたわみ変形、およびベース部3に作用するX軸周りのモーメントに起因するたわみ変形、またはベース部3'のX軸方向へ突出させた支持部材5'に作用するX軸周りのモーメントに起因するねじれ変形を、それぞれの支持部材5、5'に検知手段を配設して検知することにより、既知の振動ジャイロでは検出できなかったX軸の周りの角速度 ω_x を検知することが可能である。

さて、支持部材5の側面に、Y軸方向へ分極処理した圧電材料の、Y軸と直交する対抗面にそれぞれ電極10、11を有する検知手段12を、その電極10、11のいずれか一方を接合させると、この検知手段12には、その支持部材5への接合面に作用するたわみ変形に対応する電気変位が発生する。

また、ベース部3の側面に、Z軸方向へ分極処理した圧電材料の、Z軸と直交する対抗面にそれぞれ電極を有する検知手段を、その電極のいずれ

か一方を接合させると、この検知手段12には、そのベース部3の接合面に作用するたわみ変形に対応する電気変位が発生する。

さらにまた、支持部材5'の側面に、X軸方向へ分極処理した圧電材料の、X軸と平行をなすいずれかの対抗面にそれぞれ電極を有する検知手段12を、支持部材5'におけるX軸と直交する2方向のうちいずれか一方の方向へ偏らせて検知手段12の電極のいずれか一方を接合させると、この検知手段12には、その支持部材5'への接合面に作用するねじれ変形に対応する電気変位が発生する。

そこでこの発明では、基本的には、

- (イ) Y軸方向に分極処理した圧電材料を主体として構成してなる検知手段を、支持部材5のY軸と直交する少なくとも一側面に、前記検知手段12のY軸と直交する対抗面に設けた電極の1つが接触するように取付けることにより、
- (ロ) また、Z軸方向に分極処理した圧電材料を主体として構成してなる検知手段を、ベース部3

のZ軸と直交する少なくとも一側面に、前記検知手段12のZ軸と直交する対抗面に設けた電極の1つが接触するように取付けることにより、(h) さらにまた、X軸方向に分極処理した圧電材料を主体として構成してなる検知手段を、支持部材5'がベース部3'からX軸方向に突出する場合において、支持部材5'の少なくとも一側面に、前記検知手段のX軸と平行をなすいずれかの対抗面に設けた電極の1つが接触するように、支持部材におけるX軸と直交する2方向のうちのいずれか一方の方向へ偏らせて取付けることにより、

それぞれ、簡単な構造にして、小型かつ低廉な振動ジャイロを実現するとともに、腕部材のアンバランスの影響を有効に除去して、検出感度の十分なる向上をもたらすことができる。

〔実施例〕

以下にこの発明の実施例を図面に基づいて説明する。

第1図の(a)、(b)は、この発明の一実施例を示す

斜視図であり、図中従来技術で述べた部分と同等の部分は、それらと同一の番号で示す。

すなわち、1、2はそれぞれ、Z軸方向へ相互に平行に延在して、Y軸方向に所定の間隔をおいて位置する腕部材を示し、3は、それら腕部材1、2を、図では下端部に一体的に連結するベース部をそれぞれ示す。また4は、腕部材1、2とベース部3とからなる駆動振動子を示し、この駆動振動子4は、そのベース部3からZ軸方向へ突設した支持部材5によって基台6に固定されている。

ここでこの例では、支持部材5の、Y軸と直交する一方の側面に、検知手段12を、一方の電極10を接触させる姿勢にて接合することにより、振動ジャイロが構成されている。

この例の振動ジャイロにおいて、前記検知手段12は、図中に白抜矢印で示すように、Y軸方向へ分極された圧電材料15よりなり、Y軸と直交する対抗面にそれぞれ電極10、11を取付けたものであって、これによれば、第11図に示したようなたわみが支持部材5に発生すると、これに取付けた圧

電材料に対して伸縮として作用するから、前記電極10、11間にはコリオリの力 F_{cz} にともなう電圧を発生するようになる。

すなわち、腕部材1、2を駆動手段13、14への交流電圧の印加によってY軸方向へ対称振動させつつ、振動ジャイロをX軸の周りに角速度 ω で回転させたとき、検知手段12は、支持部材5にコリオリの力 F_{cz} に基づいて作用するねじりモーメント M_t を検知することができる。

なお、この第1図に示す振動ジャイロにおいて、腕部材1、2、ベース部3および支持部材5は、必ずしも一体構造である必要はなく、相互連結可能な構成とすることもできる。

第2図(a)、(b)は、本発明振動ジャイロの他の実施例を示す略線図であり、これは、支持部材5を板状材料にて構成するとともに、その支持部材5の、Y軸と直交する両面に検知手段12、12aを取付けた振動ジャイロである。ここで、前記検知手段12、12aは、Y軸方向へ分極された圧電材料15よりなり、Y軸と直交する対抗面にそれぞれ電極

10、11、10a、11aを設けたバイモルフを構成している。

次に第3図は、さらに他の実施例：ベース部3のZ軸と直交する少なくともその一側面に、検知手段12を接合した振動ジャイロの例である。この例において用いる検知手段12は、図中で白抜矢印で示すように、Z軸方向へ分極された圧電材料15よりなり、Z軸と直交する対抗面にそれぞれ図示を省略した電極を設けて構成されており、それらの電極間にはコリオリの力 F_{cz} にともなう電圧を発生するために第1、2各図に示したのと同様に機能するものである。この場合、注意を要することは、ベース部3が支持部材5を境にして逆方向へたわむため、検知手段12はY軸方向のいずれかの片側に偏らせて接合することが必要となる。

また、第4図は、第3図の例の応用例を示す図であり、ベース部3のZ軸と直交する少なくともその一側面の、ほぼ全面に亘って検知手段12を固定した例である。ただし、すでに述べたように、駆動振動子4のベース部3の両端部が支持部材5

を境にしてそれぞれ逆の方向へたわむことを考慮して、次のような検知手段の配置が必要である。すなわちこの例では、検知手段12は、その中央部がY軸方向でほぼ二分割され、そしてZ軸方向への分極の方向が互いに反転するように構成された2個の圧電材料よりなり、しかも上述したと同様に、この圧電材料のZ軸と直交する対抗面にはそれぞれ図示を省略した電極を設けて構成されているものである。

次に第5図は、さらに他の実施例を示す振動ジャイロの図である。この例は、支持部材5がベース部3からX軸方向へ突出して、図示しない基台に固定される形式のものである。この振動ジャイロは、X軸方向へ突出している支持部材5のY軸と直交するいずれか一方の側面に、X軸方向に分極された圧電材料の、Y軸と直交する対抗面にそれぞれ図示を省略した電極を設けてなる検知手段12を、Z軸方向へ偏らせて固定することにより構成した振動ジャイロである。この例においては、上述したように支持部材5に発生したねじり

モーメントが圧電材料に対して「ずり」として作用し、そのために検知手段に取付けた電極間にコリオリの力 F_{cz} にともなう電圧を発生するようになる。

また第6図は、第5図と同一種の実施形態である振動ジャイロの図である。すなわち、この例は、ベース部3からX軸方向へ突出し、図示しない基台に固定された支持部材5を、板状材料にて構成するとともに、この支持部材5の、Y軸と直交する対抗面にそれぞれ図示を省略した電極を設けてなる検知手段12を設けた形式のものである。

この例での検知手段12は、板状支持部材5に沿わせて延在させるとともに、その支持部材とほぼ等しい幅とした圧電材料をX軸方向へ分極し、かつ、その圧電材料の、Y軸と直交する対抗面にそれぞれ電極を設けたところにおいて、それらの少なくとも一方の電極を、Z軸方向に二分割してなる小電極としたもので構成されているものである。この検知手段12の外観は、一般の厚み振動子によって弾性板を挟み込んだバイモルフと同様のもの

であり、これによりコリオリの力 F_{cz} の発生に対し、第1図に示したと同様に機能させることができる。

さて、第7図は、本発明の応用例を示す図であり、第1図に例示した実施例の振動ジャイロと従来のZ軸のまわりの角速度 ω_z に対する検知手段11の両方を取付けたもので、二軸方向の角速度検知の例を示したものである。

また、第8図は、第7図と同様に本発明の他の応用例を示す図であり、この場合、これまで説明してきた、コの字形の駆動振動子の変形であるH字形の駆動振動子に適用した例を示す。この例の振動ジャイロは、第1図における実施例と同様、支持部材5の一方の側面に、検知手段12を設けるとともに、Z軸の周りの角速度 ω_z に伴って発生するコリオリの力 F_{cx} によるところの支持部材5のZ軸の周りのねじれを検知する検知手段16を付加して併用することにより、二軸方向の角速度検知を可能とする例を示したものである。

〔発明の効果〕

かくして、この発明によれば、前述したところから明らかなように、それぞれの腕部材のアンバランスに起因するオフセット量を著しく低減して、装置の感度を大きく向上させることができるとともに、そのアンバランスの許容幅を広げて生産効率を高めることができる。

しかも、検知手段を支持部材に面接合することにより、検知手段の機械的強度を高めて、衝撃その他による検知手段の破損を防止することができる。

さらに、この発明によれば、従来なされなかったX軸の周りの角速度の検知が可能となり、このことは、ひいては単一の駆動振動子による簡単な構成で、二台分の振動ジャイロに相当する二軸方向検知の機能を持たせることも可能となる。

4. 図面の簡単な説明

第1図の(a)、(b)は、この発明の振動ジャイロの実施例と検知手段の斜視図、

第2図の(a)、(b)は、この発明の他の振動ジャイ

ロの実施例と検知手段の斜視図、

第3図は、この発明の他の実施例の正面図、

第4図は、この発明の他の実施例の正面図、

第5図は、この発明の他の実施例の正面図、

第6図は、この発明の他の実施例の正面図、

第7図は、この発明の二軸形の応用例を示す正面図、

第8図は、この発明の二軸形の応用例を示す正面図、

第9図は、従来例を示す図、

第10図～第12図は、それぞれこの発明の作動原理を説明するための説明図、

第13図は、先行提案に係る振動ジャイロの斜視図である。

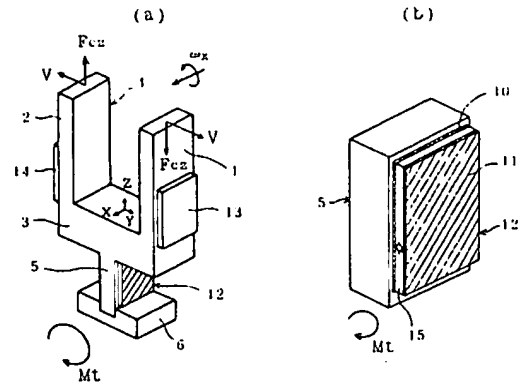
1, 2…腕部材、 3…ベース部、

4…駆動振動子、 5…支持部材、

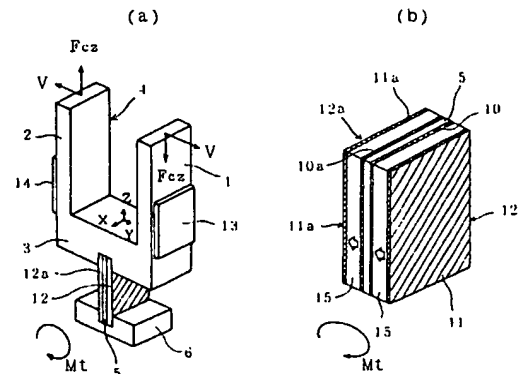
6…基台、 12…検知手段、

10, 10a, 11, 11a…電極、 13…圧電材料。

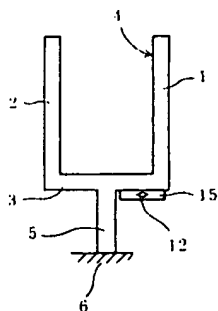
第1図



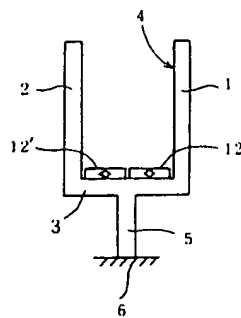
第2図



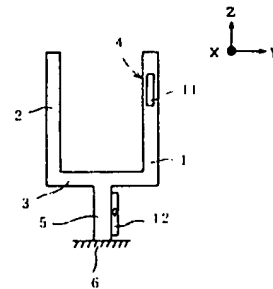
第3図



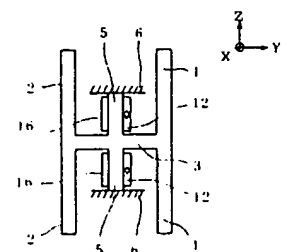
第4図



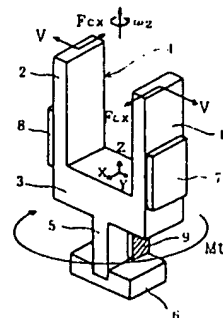
第7図



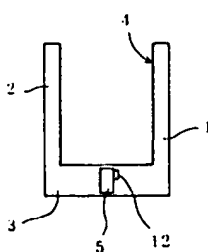
第8図



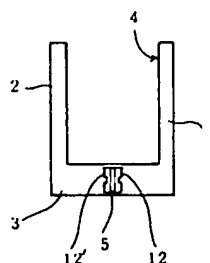
第9図



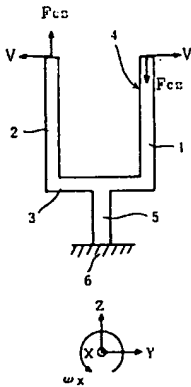
第5図



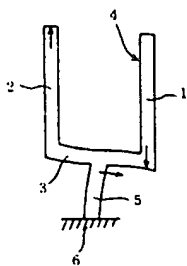
第6図



第 10 図

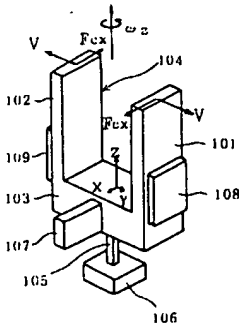
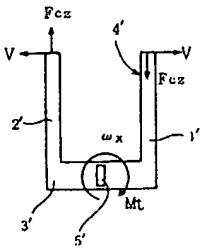


第 11 図

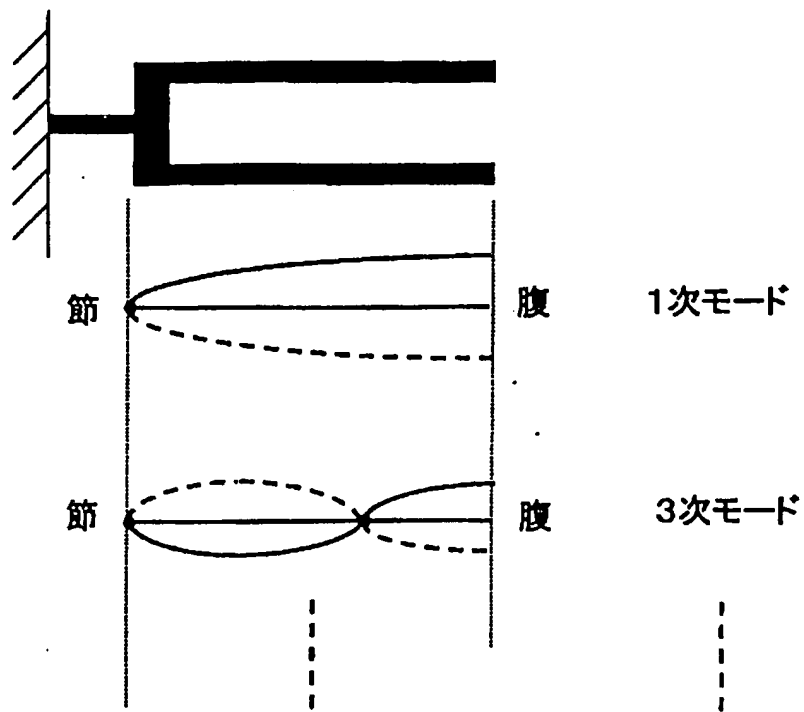


第 13 図

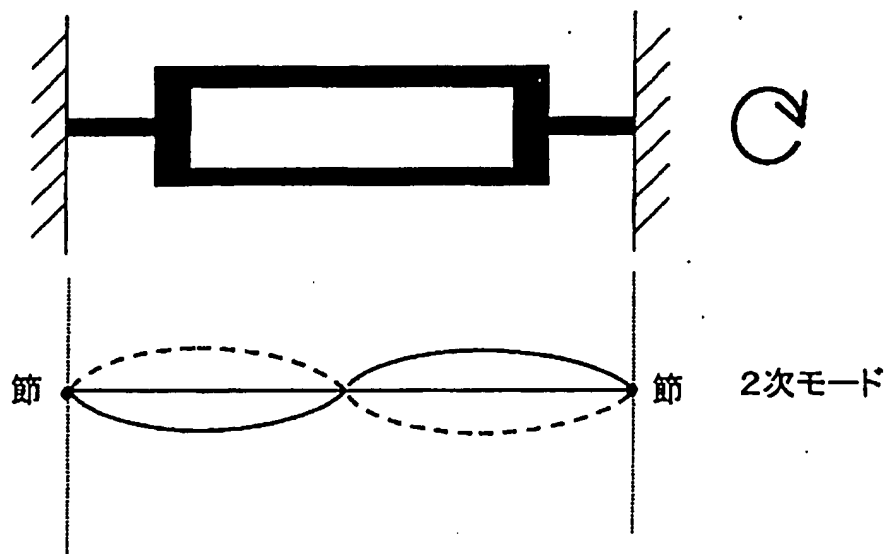
第 12 図



【参考図】



(A)



(B)